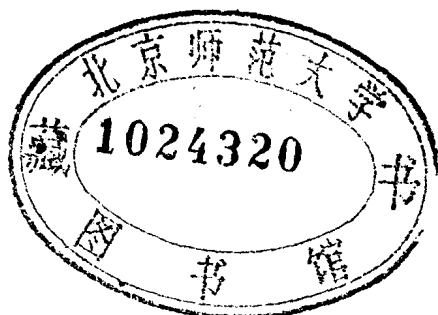


# 怎样解答物理习题

徐启华 编著

7911194/25



中国农业机械出版社

本书是为大学生讲述物理习题解题规律而编写的，内容主要有：怎样解题；解题技巧；答案正误的判断；习题的类型和特点等。

本书取材广泛新颖，它吸取了国内的和国外英、俄、德、法、日等诸种文字新书刊中有参考价值的资料。例如，有部分习题是国内第一次见面的，有的虽然是老题目，但解法新而简捷，注重数值解法、逐步逼近法等。以大学生为主要对象的此等著作，在国内尚未出版过，在国外也难得见到。

为便于读者学习实践，解题规律的论述与代表性例题相结合，并附以部分习题和思考题。本书有助于学生从题海中解放出来而成为一个高明的解题者。

本书可供理工科大学及有关电视、业余、函授等高等院校学生和教师参考；也可供高考生、知识青年参考。

## 怎样解答物理习题

徐启华 编著

\*

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

沈阳市第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

\*

787×1092 32开 11<sup>4</sup>/<sub>16</sub>印张 249千字

1982年9月北京第一版·1982年9月沈阳第一次印刷

印数，00,001—57,000 定价1.05元

统一书号，7216·36

## 前 言

每一个学生都愿成为一个高明的解题者。怎样才能把美好的愿望变为现实呢？老是泡在题海中是不行的，必须不断地探索、概括从而掌握解题的规律，才能达到目的。

本书就是讲述解题规律的。这是根据作者自己的劳动成果，并吸取了国内的和国外英、俄、德、法、日等诸种文字新书刊中有价值的资料而写成的。内容主要有：

怎样解题；

解题的技巧；

怎样检查答案的正误；

习题的类型和特点。

有的例题、有的题解，是崭新的。有的虽然是老题目，但解法新而简捷。为纠正轻视数学工具的应用这一错误偏向，选择了部分数学较难较繁的例题；为适应计算机的迅速发展，注重了数值解法等。在论述解题规律时与代表性例题相结合，并附以部分思考题、习题，以便读者学习实践。

以大学生为主要对象的此等著作，在国内还是第一次。作者希望本书有助于学生从题海中解放出来而成为一个高明的解题者。

由于本人水平有限，书中的缺点错误，恳请读者指正。

作 者

1981年3月

# 目 录

第一章	概述	1
第二章	怎样解题	5
§ 1	怎样寻找适题的物理规律, 来建立已知量和未知量之间的关系	5
§ 2	怎样正确掌握公式的条件	27
§ 3	怎样选择参照系、坐标系	36
§ 4	怎样运用牛顿运动定律解题	47
§ 5	怎样运用动量原理解题	75
§ 6	怎样运用功能原理解题	84
§ 7	怎样运用守恒定律解题	93
§ 8	怎样把复杂的直流电路简单化	115
§ 9	怎样计算电场强度	120
§ 10	怎样计算磁感应强度	130
§ 11	极值问题	143
§ 12	一题多解	155
§ 13	一题多化	192
§ 14	怎样回答问答题	218
§ 15	证明题怎样证	221
§ 13	怎样解答选择题	226
§ 17	怎样解答综合题	235
第三章	解题的技巧	247
§ 1	合理选择研究对象, 尽可能减少中间未知量	247
§ 2	充分利用已有成果, 灵活运用迭加原理	256
§ 3	灵活运用数学工具	265

第四章	怎样检查答案的正误 .....	275
§ 1	用量纲检查 .....	275
§ 2	从物理意义上检查 .....	277
§ 3	根值怎样选取 .....	294
§ 4	利用数学规律检查 .....	298
第五章	习题的类型及其特点 .....	305
§ 1	要透彻理解出题的意图 .....	305
§ 2	对习题的概括: 类型及其特点 .....	315
附录	.....	350
一、	高斯单位制与国际单位制之间的关系 .....	350
二、	基本物理常数 .....	353
三、	单位的转换 .....	353

# 第一章 概 述

## 一、解题的意义

作习题的目的是什么？光是为了求得一个正确的答案而好交差吗？不是的。

作习题是一种带有创造性的脑力劳动，是学习的一个重要环节。通过作题可以巩固、加深和扩大所学的理论，可以发展逻辑思维和综合思考的能力，可以培养分析问题和解决问题的能力。通过解题还可以帮助我们牢固地、系统地掌握有关的科学知识。

## 二、解题中存在的问题和本书的主要内容

有的同学说：理论好懂，习题难作。这表明解题中还存在一些问题没解决。有的同学问：

“难一点的习题到手，不容易想出办法。究竟应该怎么去想才比较容易找到适题的公式呢？”

怎样解综合题？

解题有些什么技巧？

检查解答的正确和错误有些什么规律？

作了许多习题之后，怎样加以概括、分类，并进而找出各类的特点？

这些问题具有很大的普遍性，意义很大。

科学技术的门类很多，而且还在不断增加，但是归根到底是两门：一门是数学，一门是物理。上述问题的解决，对于学好物理来说，关系重大。同学们为了祖国早日实现四个

现代化，切望解决这些问题。

这些问题是物理学的问题，但在某些方面看，也是属于科学学领域范畴的。

本书就和同学们谈谈这些问题。

### 三、解题的一般步骤

首先必须学好有关的理论，这是解题的基础、前提。否则，硬套公式求得结果，也不知道是什么道理，这样做，没有什么好处。

作习题的一般步骤，有的同学说分两步，即套公式，演算求解。这种看法是极其片面的。正确的作法是：

1. 搞清题意：就是弄清题目说的是怎么一回事。例如一个物体作什么运动，经历过哪几个运动过程以及各过程之间的相互关系，已知什么，求什么等。对于题目中的关键字句，以及隐含的近似条件要特别留心看。必须指出，借助作图，将题目形象化，对看懂题目有很大帮助。如果题目还没有看懂，就想动手，那只能是瞎碰，这种用不科学的态度来学科学的不良习惯必须坚决克服。

2. 寻找适题规律：这是解题的关键，是最费脑筋的一步。

寻找适题的物理规律，要靠分析和综合。分析是把某一复杂事物分解成若干成分来逐个认识。综合是把某一复杂事物的若干部分，根据它们之间的联系综合在一起，从而认识事物的整体。在认识事物的过程中，往往既有分析又有综合。分析为综合提供基础，综合又为深入地分析创造条件，两者相辅相成。对于一道物理习题，只有通过分析和综合的思维活动，才容易找出解题的正确途径和适题的全部物理规律。

寻找规律遇到困难时，应努力解释清楚题目中所讲的物理现象；现象能解释清楚了，适题的规律就容易找出来，而且可能找到简捷的解法。

我们应该重视在解题中逐步锻炼分析和综合的能力，这样就能迅速提高自己的解题能力。

3. 列出方程：根据对题意进行分析和综合所得出的结果，组成相应的方程式。建立方程，使我们对于这一习题的分析和综合更加清晰，更加系统。

列方程时，应该注意公式的条件。如果条件不符合，公式就不能应用。所以，应用某一公式时，应弄清楚公式的条件在题目中是如何保证的。

文字方程列出后，应看一下独立方程的个数与未知量的个数是否相同。

4. 演算求解：先求得文字解，再以同一单位制的数字代入，一次计算出结果。可是，有的同学并不这样做，而是一开始就代入数字，经过几次计算才求得最后结果。谁都清楚，演算次数越多，越容易出差错。因此，必须改变这种既费时间又不易得到正确结果的不良作法。

求解中用什么数学工具应认真选择，算法、几何法、图解法、逐步逼近法、数值解法各有所长，各有所适，应仔细考虑。计算时应注意有效数字。

5. 检查讨论：答案作出来了，是否一道题就算作完了？不少同学认为是这样的，也是这样作的。应当指出，这是一种很吃亏的作法。这种作法，好象是：一个人走一百里路可赢得一百分成绩，可是他只走了九十里，只能得到六十分成绩。谁都会说，只要再往前走十里路，就可获得四十分成果，多划得来的事不干，实在是太可惜了！



所以，对结果进行检查讨论是十分重要的。对文字解答进行讨论，可使理解更加全面深刻：所求的未知量与哪几个物理量有关？什么关系？为什么？如果其一变化以至取特殊值，会得到什么特殊的结果？为什么？……经过这样的讨论，能够巩固、深化理论、培养举一反三能力，所以检核结果是必不可缺少的。这样作，花的时间不多，但通过作题的收获就会大得多。只要你亲自实践，就一定会尝到甜头。

同学们一般都把老师当成法官，来判决一道习题答案是否正确。一道习题，作对了还是作错了，这判断不是简单的，不象  $1 + 1 = 2$  那么容易，但这不等于说没有一定的规律性。检查答案的正误，可从物理规律检查，也可用数学规律来检查。

6. 作题后，还应该思考一个问题：为什么要出这一道题？是着重在理论上的掌握，还是为了使大家掌握解题的方法和技巧，或两者兼俱？这是对一道习题的小结。坚持这样实践，量变就会导致质变，就会发生飞跃，自己就比较容易对大量的习题作出概括：分哪几种类型？各有什么特点？

这里，对上述问题只是概略地介绍，下面将分章详细叙述。

## 第二章 怎样解题

习题是多种多样的，特别是力学题，正是变化多端。但是，解题的方法概括起来，主要的、基本的是两种：一是力法，一是能法。

有的可能对此分法持怀疑态度，因为对有的规律的归属问题感到有困难。例如，有的问：动量原理应属哪一种方法？我们的回答是：力法。为什么？因为牛顿运动定律有微分形式和积分形式之分：力等于动量的变化率为其微分形式，由这微分形式对时间积分即得动量原理，也就是说，动量原理是牛顿运动定律的积分形式。

一道习题到手，用力法解还是用能法解，或两者兼用？这又有两种思路：一是分析法，一是综合法。在实践中，也不一定是单一的，而是常常把分析和综合紧密结合起来，思考比较方便。这是概括的分法。在具体问题上，往往还存在具体的规律。

### § 1 怎样寻找适题的物理规律，来建立已知量和未知量之间的关系

解题过程是一个逻辑思维过程，要善于分析和综合。

对于简单的习题，它需要应用什么物理规律才容易找到适宜的解题方法。对于难度较大的习题，所涉及的物理过程往往比较复杂，题目中给出的条件比较多，可能要用到好几

个物理规律。未知量与已知量之间的关系往往复杂而又隐蔽，不易一眼就能看得出来。同学们能否顺利地解出这种难度较大的习题，主要决定于对基础理论知识是否理解得深刻，是否掌握得牢固。同时，也取决于能否根据习题的内容和给出的条件正确进行分析、综合，寻找适题的规律而把待求的未知量和已知量的关系建立起来。

寻找适题的物理规律，有两种基本的思维方法，一种是分析法，另一种是综合法。

### 一、分析法

所谓分析法，就是从整体到局部的逻辑思维方法，也就是把问题化整为零，逐步引向待求的未知量的思考方法。具体地说，就是：在认真审题、分析题意的基础上，首先找出能直接回答题目里的问话的物理规律及其公式。这个能够直接表达待求量的公式，我们称它为原始公式。原始公式往往都是基本的物理公式。一般说来，正确地找出了原始公式，就有了正确的前进方向。观察原始公式中包含哪几个未知量，再列出表达这几个未知量的物理公式；如果这几个式子中仍然含有新的未知量，就再列出相应的表达式，这样按一

定的逻辑思维顺序逐步分析、推演下去，直到待求物理量完全可用已知量表达为止。对原始公式逐步分析、推演的过程，就是逻辑思维的过程，就是逐步引向待求物理量的解决过程。

下面举例说明分析法的应用。

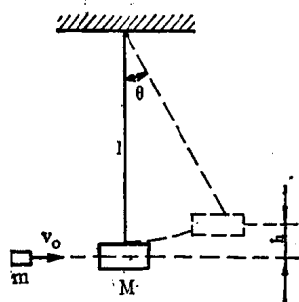


图 2-1-1

〔例1〕 冲击摆的质量为 $M$ ，摆长为 $l$ ，一质量为 $m$ 的子弹以水平速度 $v_0$ 射入摆内。求摆的最大偏转角度 $\theta$ （图2-1-1）。

〔分析〕 要求摆的最大偏转角 $\theta$ ，应求出摆的上升高度 $h$ ，由图可见

$$\cos\theta = (l-h)/l$$

该式就是包含待求量的原始公式。怎样求 $h$ 呢？

摆和子弹在高度 $h$ 时所具有的势能为 $(M+m)gh$ ，根据机械能守恒定律，它等于子弹射入后，摆和子弹的动能 $1/2 \times (m+M)v^2$ ，即

$$(M+m)gh = \frac{1}{2}(m+M)v^2$$

要找出 $h$ ，必须先求得 $v$ ，而子弹射入后摆和子弹的共同速度 $v$ ，又可用动量守恒定律求出：

$$mv_0 = (M+m)v$$

至此，未知量和已知量间的全部关系都已找到。此题的总公式为

$$\cos\theta = 1 - \frac{(mv_0)^2}{2(m+M)^2 gl}$$

由此即可求得摆的最大偏转角。

〔例2〕 将质量为 $m$ 和 $M$ 的两个小球A和B分别拴在一根细线的两端，线长为 $l$ ， $M=3m$ ，置质量为 $M$ 的小球B于光滑的水平桌面上。小球A刚刚跨过桌边。当A下落时拉着B沿桌面滑动。A下落高度 $h$ （设 $h < l$ ）后，着地作完全非弹性碰撞，B球继续前滑，滑出桌面后落地。求B球和A球着地点的距离（图2-1-2）。

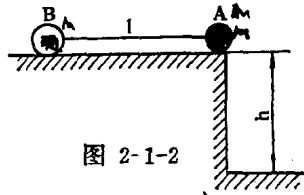


图 2-1-2

为了能够列出原始公式，应从直接回答本题中最后的话开始。包含两球着地点间距的原始公式，不是一下能看出来的，应对题设的物理现象加以分析后才可能列出。

A球和地面相碰作完全非弹性碰撞，因此着地后就停止不动。由于 $h < l$ ，B球离开桌边后作平抛运动。B球离开桌边的水平距离即为两球着地后的间距 $S$ 。因此，包含待求物理量的原始公式为 $S = vt$ 。

上式中 $v$ 、 $t$ 都是未知的。

B球离开桌边时的垂直方向的初速为零，当它自由下落高度 $h$ 时所需要的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，这时间与B球平抛落地的时间相等。

至于 $v$ ，可利用机械能守恒定律求出。当A球刚着地时，就AB两球和地球组成的系统而言，动能 $E_{K2} = \frac{1}{2}(M+m)v^2$ ，势能 $E_{P2} = Mgh$ ；而A球刚要离开桌边时，初速为零， $E_{K1} = 0$ ， $E_{P1} = (M+m)gh$ 。由于该系统没有受到外力，内力中也没有非保守力，因此机械能保持不变：

$$(M+m)gh + 0 = \frac{1}{2}(M+m)v^2 + Mgh$$

至此，把未知量和已知量间的关系都已求出了。 $S$ 即可从中解得， $S = h$ 。

[例3] 压力为 $P_1 = 760 \text{ mm (Hg)}$ 的空气，体积 $V_1 = 3$ 升，被等温地压缩到 $V_2 = 0.5$ 升。求被传递的热量。

用分析法，必须先求出原始公式。而这原始公式也并非显而易见的。

初看已知的条件很容易使人想到是否可以应用玻义耳-

马略特定律  $pV = \text{常数}$ ，但这一定律与“被传递的热量”之间没有直接联系，因此只靠它是不能解决问题的。要寻求此问题的解答，只有从另外角度下手。在这个问题中，自然会产生这样一个问题：被传递的热量究竟与什么有关？这就会使我们联想到是否可以应用热力学第一定律来解决，因为热力学第一定律正是说明被传递的热量  $\Delta Q$ 、系统内能的变化  $\Delta E$ ，作用于这系统上的外力的功  $A$  三者之间的关系，即  $\Delta Q = \Delta E + A$ 。当然，这仅仅是提供了问题获得解决的可能性。实际能否解决与应该按什么途径去解决，还需要对已知条件加以分析。根据已知条件，压缩是在等温条件下进行的，在这样的条件下，对于理想气体来说，内能的变化为零（一定量的理想气体之内能由温度唯一地决定）。这样如把空气当作理想气体来处理，则热力学第一定律为  $\Delta Q = A$ 。这就是原始公式。

可见，只要能计算出功  $A$  的大小，就能算出被传递的热量。那么又怎样计算功呢？

根据已知条件，并且所考虑的过程是等温过程，因此，过程的始末状态是已知的。对于一定的过程，知道了它的始末状态，这过程的功就可计算。

因此，这题就变为：把空气当作理想气体来处理的情况下，等温过程的功怎样计算？

等温压缩过程的功

$$\begin{aligned}
 A &= \int_{V_1}^{V_2} PdV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \\
 &= nRT \ln \frac{V_2}{V_1}
 \end{aligned}$$

至此已找出了待求量与已知量之间的全部关系。代入已知数据，即可求得 $Q = -5.47 \times 10^2$ 焦耳，负号表示系统把热量传递给外界。

[例4] 在电阻为零，相距为 $L$ 的两平行金属导轨上，垂直地搁着两根质量均为 $m$ 、电阻均为 $R/2$ 的金属棒 $AB$ 和 $CD$ ，并假设金属棒可以在导轨上无摩擦地滑动。整个装置水平地置于一均匀磁场 $\vec{B}$ 中（图2-1-3）。如对 $AB$ 作用一

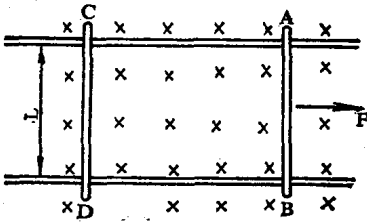


图 2-1-3

垂直于 $AB$ 的恒力 $F$ ，试求 $CD$ 棒的最大加速度。

本题用分析法来思考，其原始公式就更加难以列出了。为此，还应该把题设的物理现象搞清楚。

$CD$ 棒在水平方向作加速运动，根据牛顿第二运动定律，它在水平方向的合外力肯定不等于零。那么这力是怎样产生的呢？它的加速度为什么有一个最大值？

在外力 $F$ 的作用下， $AB$ 开始以加速度 $a_1$ 向右运动， $a_1 = F/m$ 。随后当 $AB$ 有了速度 $v_1$ 时，由于切割磁力线，根据电磁感应定律，产生感应电动势 $\varepsilon_1 = BLv_1$ ，从而在回路中形成了电流 $I = \varepsilon_1/R$ ，于是这感应电流又使 $AB$ 受到安培力 $f_1 = BIL$ 的作用，方向向左。因此， $AB$ 的加速度要减小。与此同时， $CD$ 也受到安培力 $f_2 = BIL$ 的作用，方向向右，从而产生加速度 $a_2 = f_2/m$ 。当 $CD$ 有了速度 $v_2$ 而切割磁力线时，也产生了感应电动势 $\varepsilon_2 = BLv_2$ ，方向与 $\varepsilon_1$ 相反，它阻碍着电

流的增加。回路里的电流  $I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R} = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ ,

根据楞次定律可知, 电流的方向沿着逆时针方向。I 的出现, 使  $a_1$  减小, 同时  $a_2$  增加。尽管如此, 在开始一段时间里,  $a_1$  虽然在减小, 但它总比从零开始增加着的  $a_2$  大。这表明, 在这一段时间里, 不仅  $v_1$  总比  $v_2$  大, 而且  $v_1$  的增加总比  $v_2$  快, 因此  $v_1 - v_2$  在增加, 回路里的电流 I 在增加, 致使  $a_1 = (F - f)/m$  继续减小,  $a_2 = f/m$  继续增加。由于 F 是恒力, 所发生的过程必然是单调的。于是, 加速度  $a_1$  和  $a_2$  的数值就单调地互相接近, 直至  $a_1 = a_2$ 。同时,  $v_1$  与  $v_2$  之差、I 和 f 也都趋于常数。

因此,  $a_1 = a_2 = a_{2\max}$  即为原始公式。而  $a_1 = (F - f)/m$ ,  $a_2 = f/m$ , 所以  $a_{2\max} = \frac{F}{2m}$ 。可见, CD 的加速度由零开始单调地增加, 一直到最大值  $F/2m$ 。

## 二、综合法

综合法是一种从局部到整体的逻辑思维方法。应用综合法, 从已知量开始。根据题意, 把习题分成逐个简单的部分来考虑, 把各已知量之间的函数关系全部找到, 再按照题意和有关的物理规律及物理概念, 把已找出的几个简单部分的结果综合在一起, 就能把习题解出来。

下面试举几例:

[例 1] 从位于一定高度的气球上自由落下两个重物, 第一个重物降落一秒钟后, 第二个重物开始降落。两个重物用 93 米的绳子连结着。求: ①第二个重物降落后再经过多长时间, 绳子恰被拉紧? ②在绳子拉紧之前, 第一个重物相对于第二个重物来说, 作怎样的运动?



用综合法来考虑。从已知量开始，先分别列出第一个重物和第二个重物的运动方程，而后根据题中所提出的两个问题分别进行综合。

设  $y_1$  和  $y_2$  分别是第一重物和第二个重物在绳子拉紧之前所通过的位移。如第二个重物运动时间为  $t$  秒，则第一个重物运动时间为  $t+1$  秒。因为两个重物都作自由落体运动，所以它们的运动方程分别为：

$$y_1 = \frac{1}{2}g(t+1)^2 \quad (1)$$

$$y_2 = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

当绳子刚被拉紧时，可以综合上面二式得

$$y_1 - y_2 = \frac{1}{2}g(t+1)^2 - \frac{1}{2}gt^2 = 93$$

由此即可求出，第二个重物降落后再经8.8秒绳子刚被拉紧。

当绳未被拉紧时，设  $y$  为第一个重物相对于第二个重物的位移，则有

$$y = y_1 - y_2$$

将式(1)、(2)代入并化简得

$$y = gt - \frac{g}{2}$$

这表明：第一个重物以数值为  $g$  的速度相对于第二个重物作匀速运动。

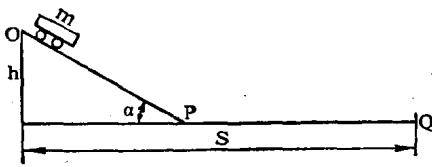


图 2-1-4

[例2] 有一质量为  $m$  的物体，从高度为  $h$  的冰坡上滑下来，通过  $PQ$  这段路程后才停下来。如果物体和冰面之间的摩